# オーディオ技術ルネサンス・源への回帰

## 第3回 実践的実装の考察

米谷淳一 YONETANI Junichi

**設計図に描かれた理想を実現することは，現実の持つ可能性と制約を知りつつ，なお，この2つのより高度な一致点を探し求めてゆく歩みです．現代の工業製品，工業部品は，単体性能の純化の時代を経て，多様な用途に最適化するために細分化された仕様を持つラインアップが揃えられる時代となりました．それぞれの設計意図に則った最も望ましい選択，オーディオ機器用途におけるそれは，L，C，Rと人間の言葉では別々の部品と分類されて来たものを，すべてを備えた一つのものと捉え直すところから始まります．**

### 固有振動する部品群

アンプの検査中にテストトーンで稼働させると，筐体内部のここかしこからテストトーンに同期した可聴音が現れることは誰でも確認できます．特に大電流の通過する素子，コンデンサー，トランジスター，ヒートシンク，トランスやターミナルなどの場合，テストトーンと同期して固有振動するのを自分の耳で直接聴くことができます．

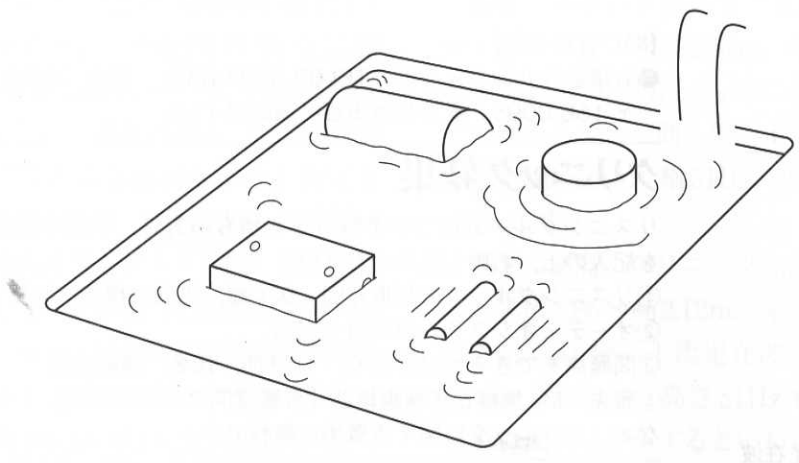
逆にテスト中のアンプを構成する部品群に外的な衝撃を加えると，その衝撃振動がアンプの出力に現れるのを観測できます．これは，アンプを構成するパーツが入力に応じて振動し，また，外部からの振動によって電気的な信号を出力することを示しています．回路部にはすでに電場，磁場が張り巡らされ，その中では発生する力に応じた振動が，そして起電が発生します（**図1**）．

### 素子のインピーダンス

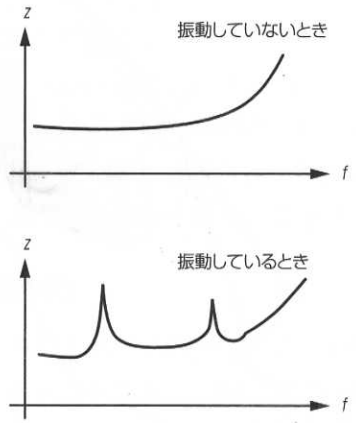
われわれが描く電気回路図上ではL，あるいはC，もしくはRが単体で存在しているかのように記述されていますが，現実の部品とはL，C，Rすべての要素を兼ね備えた固有の振動を持つ物体の一つです．それはエネルギーを内部に蓄積し，それを固有振動を行いながら放出していくことを示しています．つまり，部品一つ一つがスピーカーのようにモーショナルインピーダンスを有しているということです（**図2**）．回路図に描かれているような単一パラメーターの部品は実在しません．

### モーショナルインピーダンスは静止していない

モーショナルインピーダンス特性図が示す共振峰には裾野があります．これは振動の伝達経路が，



［図1］筐体という電磁場プール内に浮かぶ部品




［図2］モーショナルインピーダンス．部品のインピーダンスは一定ではない

実際には複数あるマルチパスであることを示しています．制振材と呼ばれるものには，力のディレクションを変更することを行っているものが，多く含まれていることを考慮いただければと思います．

モーショナルインピーダンスの特性図の示す裾野とは，現実には静止しているものではなく，振動の到達時間によって，それは現れたり消えたりしている，アウトラインを示しているものです．

## 櫛の歯特性

このように励起された部品の振動は瞬時に収束することはなく，内部損失によって減衰しながら，部品筐体内で反射を繰り返し，新しく到来した入力信号と何度も衝突します．過去，現在，未来の信号が混じり合うことは，そこに時間差信号から生み出される櫛の歯状の干渉特性が現れます．

具体的な質量と空間を有する部品内部に力が通過すると，このように過去，現在，未来につながる信号同士が干渉しあって，それぞれの進行時間のずれに基づく干渉が発生します．このようにして，スペクトルの拡散が起きます．

## 最大のノイズ源

交流を直流に変換する際に用いられる整流回路では，近年容易に大容量のコンデンサーを入手することが可能になっているため，それにともなって，交流の１周期のなかで整流素子の導通時間は，次第に短い時間で充電が完了する設計になってきています．これは，その電流の周波数スペクトルがより高周波に及ぶ広い帯域を持つものとなるということです．

一般的な評価では，コンデンサーの性能は低損失で大容量，整流素子は高速スイッチングするものが優れているとされています．しかしながら電源部では，低損失大容量，高速スイッチングに向かえば向かうほど高調波ノイズの発生が増大していきます．

平滑コンデンサーの働きは，自身の中をこれら高調波を通過させることですが，損失が少ないということは，そのエネルギーを消滅させることができないということです（**図3**）．

その整流回路内のどこかにこの高調波を消費させる損失部分を持たせ，発生ノイズを速やかに収束させる必要があります．

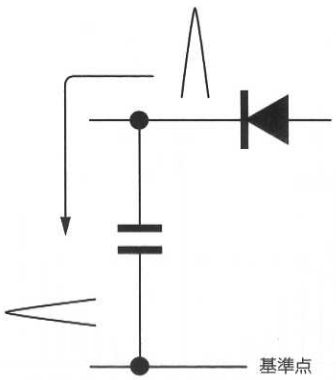
## 整流回路における変調ノイズ

この過去，現在，未来にいたる信号列が常に一定の周期で送り出されているのであれば，その影響は最小となりますが，実際の整流回路では，回路の消費電流の変動で整流素子の導通タイミングが負荷の変動によって前後します．この導通時間の変動が部品内部の干渉空間においては，変動に同期した櫛の歯特性の変化となって現れます（**図4**）．さらに，これらのノイズは電源供給先の回路構成部品を励振させてしまうものとなります．

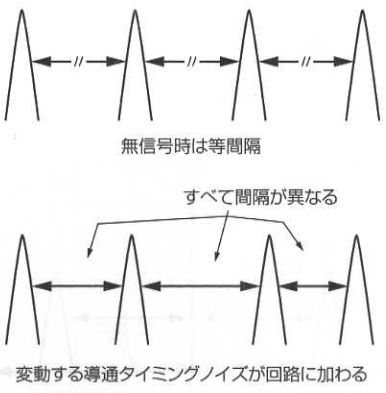
## NFBの効能と制約

これらの部品の固有振動はNFBループの中に収めることで除去することができるようになります．一部の真空管など魅力的な固有振動を持つ素子については過度な除去を行うと，せっかくの特質が失われかねないため，強度のNFBを避けて適度な量にとどめるようです．

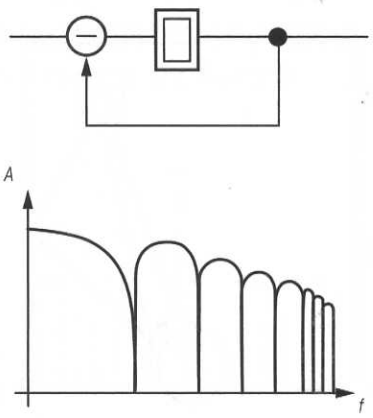
このように，NFBの応用は固有振動の影響を能動的に低減できる




［図3］ノイズをアースに流すことは汚水を架線に流すのと同じ．環境汚染！




［図4］変動するタイミングノイズが回路に加わる




［図5］NFBはコムフィルター

つとして同じものはありません．

## すべての構成要素を振動子と捉える

人間の聴覚が1kHzを中心に上下対称に帯域分布することを，バランスと捉えることに対応すべく，音響機器の再生帯域は設定されています．これに基づいてスピーカーにおける固有振動の$f_0$に対しても，同じく対称に（**図7**），またアンプにおいては50/60Hzを基本波とした固有振動に対し，バランスする帯域に別の固有振動を配します（**図8**）．

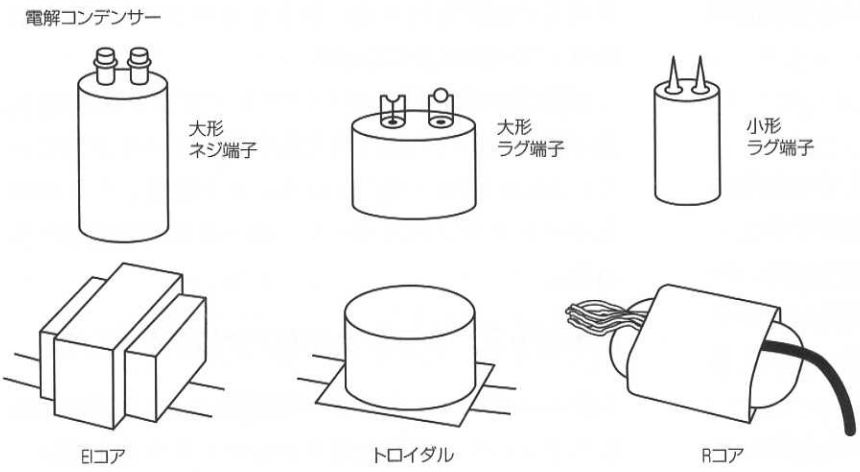
これらは現実のルームアコースティックや設置方法，最終的には個々人の身体服飾などの条件でその対称帯域が異なるため，それぞれの条件に最適化するために固有振動の分布する帯域を調整する必要があります（**図9，10**）．

アンプ製作が可能であるならば，アクセサリーグッズなどの調音よりも，その自由度は大きく広げることができます．アンプにおいて，回路を構成する部品のバリューは多少増減させても動作には支障がありません．そのため，自分のための最適化を行うには，最初から部品を決め打ちせず，回路動作に支障の出ない範囲の異なるバリューの部品を複数用意して，次々と交換しながらテストを行い，自分の環境における最適な組み合わせを探し出すことができます．これは単品の性能比較ではなく，相互バランスの最適点を探すという作業になります．

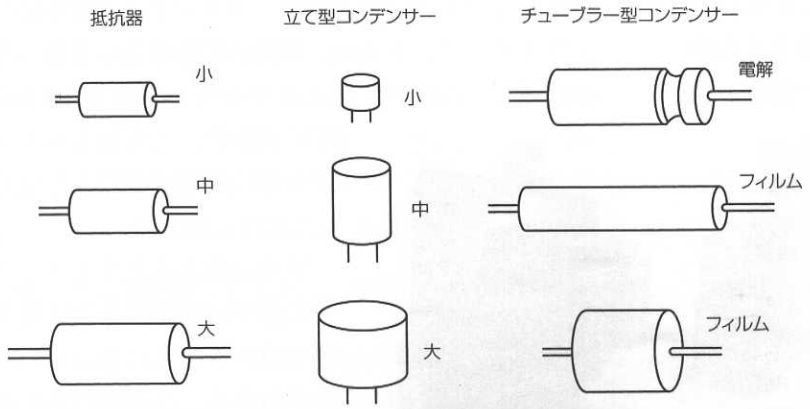
電源方式の変更やNFBの量によって固有振動の影響の強弱を，またバランス回路でいくばくかの打ち消しを図ることも可能ですが，それは常に自身にとっての最適な配分が求められます．

現行方式内では，ある部分の固有振動を低減させることができたとしても，アンプはそれ自体で完結しているものではなく，それがシステム全体としては必ずしもバランスするとは限らないものです（**図11**）．

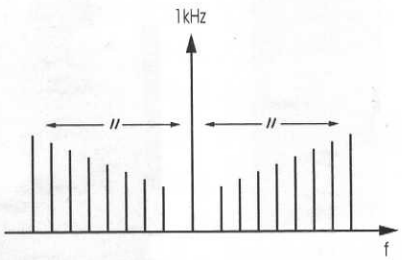
振動子の実装とは，ただ，重くすれば，軽くすれば，固めれば，あるいはダンプすればという盲目的な一方向への傾斜ではなく，力を受け止める質量によって振幅の大きさが変化し，しかし，内部に蓄積された力を相互干渉させずに速やかに放出するために，それぞれが中に浮くような設置と適切な内部損失を，それ自身の構造や形状，そして，それらの条件の違いによって固有振動周波数，あるいはスペクトル拡散のパターンが変化するという複数の要素のバランス点を求めるものです．そしてそれは，ただ自分の耳のための最適な一つを創造するものです．




［図9］電源部品で低域側を定める




［図10］部品はその品種やバリュー，形状で，固有振動周波数が異なる．このため実機を組む前に設計値中心に耐圧や電力容量の違うE12，E24系列といった値の部品を揃え，交換しながら最適のバランスになる組み合わせを発見する




［図11］アンプ＋スピーカーのトータルでバランスさせる